

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-270954

(43)Date of publication of application : 20.09.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/0687

H04B 10/14

H04B 10/06

H04B 10/04

(21)Application number : 2001-072834

(71)Applicant : OPNEXT JAPAN INC

(22)Date of filing : 14.03.2001

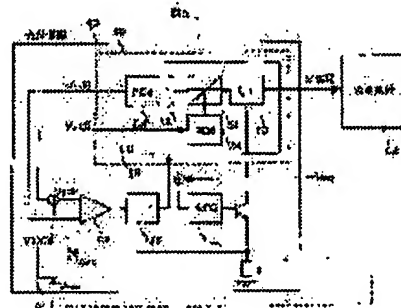
(72)Inventor : AKASHI MITSUHIKA  
MOTOSAWA YOICHI  
SHARMA SUNIL  
TOKITA SHIGERU  
NAKAO TAKAYUKI

## (54) OPTICAL WAVELENGTH STABILIZING CIRCUIT, OPTICAL TRANSMITTER AND OPTICAL TRANSMITTING SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the change of a wavelength due to the temperature dependency of each characteristic of an optical splitter, a wavelength filter and a light reception element when mounting the optical splitter, wavelength filter and light reception element comprising a laser element and a wavelength monitoring part to the same thermoionic cooling element, in an optical transmitter used for a high-density wavelength multiplexing system.

**SOLUTION:** The change of a wavelength of an output light signal to that of a laser injection current is monitored in an initial state by a wavemeter, the changing quantity of the wavelength is fed back to a wavelength compensation circuit, a correction voltage value for keeping the wavelength in the initial state is obtained, and the obtained voltage value is recorded by a memory element or the like. The corrected voltage is added to a comparison circuit, thus correcting the change of a characteristic to the change of a temperature in the light reception element and obtaining a stabilized optical wavelength. An injection current value to be applied to a laser is always monitored during the operation of the optical transmitter, and the corrected voltage corresponding to the change of a current is given to the comparison circuit thus stabilizing the optical wavelength.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-270954  
(P2002-270954A)

(43)公開日 平成14年9月20日(2002.9.20)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード*(参考)
H 0 1 S 5/0687		H 0 1 S 5/0687	5 F 0 7 3
H 0 4 B 10/14		H 0 4 B 9/00	S 5 K 0 0 2
10/06			
10/04			

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2001-72834(P2001-72834)

(22)出願日 平成13年3月14日(2001.3.14)

(71)出願人 301005371

日本オプネクスト株式会社

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地

(72)発明者 明石 光央

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株  
式会社日立製作所通信事業部内

(72)発明者 本澤 陽一

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株  
式会社日立製作所通信事業部内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

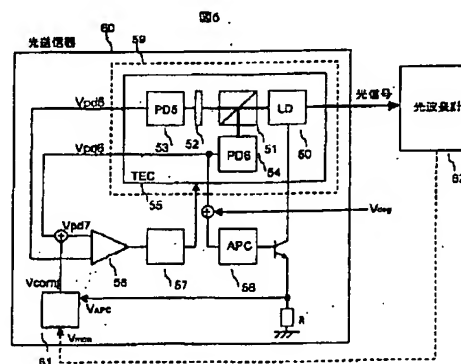
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光波長安定回路、光送信器および光伝送システム

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 高密度波長多重システムに用いられる光送信器において、レーザ素子と波長モニタ部を構成する光スプリッタ、波長フィルタ、受光素子を同一熱電子冷却素子に搭載した場合、光スプリッタ、波長フィルタ、受光素子の各特性の温度依存性によって発生する波長変動を抑制する。

【解決手段】 初期状態においてレーザの注入電流の変化に対する出力光信号の波長の変化を波長計でモニタし、波長の変動量を波長補正回路にフィードバックし、初期状態の波長を保つための補正電圧値を求め、その電圧値を記憶素子等に記録する。この補正電圧を比較回路に加算する構成とすることにより、光スプリッタ、波長フィルタ、受光素子の温度変動に対する特性変化は補正され安定した光波長が得られる。光送信器の動作時にはレーザに印加する注入電流値を常にモニタし、電流の変化に対応した補正電圧を比較回路に与えることにより、光波長の安定化を実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、半導体レーザと、光スプリッタと、光波長フィルタと、少なくとも第1及び第2の受光素子とを一つの熱電子冷却素子に搭載したレーザモジュールを具備し、且つ前記半導体レーザ部の出力光を前記光スプリッタによって複数の出力光に分岐し、前記分岐した出力光の内の一方の信号光を前記波長フィルタを介して前記第1の受光素子で受光し、前記分岐した出力光の内の他方の信号光を第2の受光素子で受光する如く配された波長モニタ集積型レーザモジュールに供する光波長安定回路であって、前記第1及び第2の受光素子の電流値を比較する比較回路と、前記比較回路よりの比較信号に基づき前記熱電子冷却素子の温度を制御する温度制御回路と、前記半導体レーザへの注入電力の変動に対する光波長変動量を補正する信号を前記比較回路に伝達する補正回路とを、少なくとも有することを特徴とする光波長安定回路。

【請求項2】 少なくとも、半導体レーザと、光スプリッタと、光波長フィルタと、少なくとも第1及び第2の受光素子とを一つの熱電子冷却素子に搭載したレーザモジュールを具備し、前記半導体レーザ部の出力光を前記光スプリッタによって複数の出力光に分岐し、前記分岐した出力光の内の一方の信号光を前記波長フィルタを介して前記第1の受光素子で受光し、前記分岐した出力光の内の他方の信号光を第2の受光素子で受光する如く配され、且つ前記第1及び第2の受光素子の電流値を比較する比較回路と、前記比較回路よりの比較信号に基づき前記熱電子冷却素子の温度を制御する温度制御回路と、前記半導体レーザへの注入電力の変動に対する光波長変動量を補正する信号を前記比較回路に伝達する補正回路とを、少なくとも有することを特徴とする光送信器。

【請求項3】 少なくとも、半導体レーザと、光スプリッタと、光波長フィルタと、少なくとも第1及び第2の受光素子と、感温素子とを一つの熱電子冷却素子に搭載したレーザモジュールを具備し、前記半導体レーザ部の出力光を前記光スプリッタによって複数の出力光に分岐し、前記分岐した出力光の内の一方の信号光を前記波長フィルタを介して前記第1の受光素子で受光し、前記分岐した出力光の内の他方の信号光を第2の受光素子で受光する如く配され、且つ前記第1及び第2の受光素子の電流値を比較する比較回路と、前記比較回路よりの比較信号に基づき前記熱電子冷却素子の温度を制御する温度制御回路と、前記半導体レーザへの注入電力の変動に対する光波長変動量を補正する信号を前記比較回路に伝達する補正回路とを、少なくとも有し、且つ前記感温素子の出力信号に基づきレーザの温度変化に対する補正信号を波長補正回路に供することを特徴とする光送信器。

【請求項4】 少なくとも、半導体レーザと、光スプリッタと、光波長フィルタと、少なくとも第1及び第2の受光素子とを一つの熱電子冷却素子に搭載したレーザモ

ジュールを具備し、前記半導体レーザ部の出力光を前記光スプリッタによって複数の出力光に分岐し、前記分岐した出力光の内の一方の信号光を前記波長フィルタを介して前記第1の受光素子で受光し、前記分岐した出力光の内の他方の信号光を第2の受光素子で受光する如く配され、且つ前記第1及び第2の受光素子の電流値を比較する比較回路と、前記比較回路よりの比較信号に基づき前記熱電子冷却素子の温度を制御する温度制御回路と、前記半導体レーザへの注入電力の変動に対する光波長変動量を補正する信号を前記比較回路に伝達する補正回路とを、少なくとも有する光送信器を用いたことを特徴とする光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本願発明は、波長多重光通信システム（WDMシステム：Wavelength Division multiplexing）に使用される光送信器において、光送信器が出力する光信号の光波長を高精度に制御して光波長の安定化を図ることにより高密度の波長多重光通信システムの構築を実現した光波長制御方法に関するものである。本願発明は、更に、光通信システムの小型化を可能とする。特に、本願発明は、波長制御方法として、波長を常時監視する波長モニタ部を光源部に集積した場合において、経年動作等による波長変動を抑制する制御方法に好適である。

## 【0002】

【従来の技術】 光ファイバ通信において、より多くの情報を経済的に伝送する方法として波長多重方式が採用されている。図1はそのモデルを示す図である。送信側の光伝送システム1は、異なった光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をもつ光送信器6を使用し、光合波器2を使用してそれぞれの光信号を、一本のファイバ3に、波長多重する。受信側の光伝送システム5では、光分波器4を使用して光信号の分離を行うことにより、既存の光ファイバを用いながら経済的に伝送路の大容量化を実現することができる。尚、図中、符号7は光受信器である。

【0003】 伝送容量をさらに拡大するためには、使用波長範囲を広帯域化すれば良い。しかし、光信号が光ファイバを伝送する際に、損失の少ない効率のよい信号伝送を行うためには、ある限られた波長範囲しか使用することができない。従って、より多くの多重化を図るためには、互いの波長間隔を狭め、高密度化を図ることが必要となる。

【0004】 近年の高密度波長多重システムにおいて、光源として使用される半導体レーザの発振波長は1530 nm～1560 nmの間である。隣り合った波長の間隔を0.8 nmとすると、約40波の波長多重が可能である。さらなる高密度化を実現する場合には、波長間隔を0.4 nm、0.2 nmとすることにより、80波及び160波の波長多重が可能となる。

【0005】波長多重の高密度化を図る際に重要となるのは、波長の安定度である。この安定度が悪いと、本来、波長ごとに独立しているはずの光信号が隣の波長の信号に漏れこんでしまうことにより、所望の通信品質を得ることができない。通常、波長間隔が0.8 nmの波長多重システムにおいて要求される波長変動量は0.1 nm以下であり、波長間隔が0.4 nm、0.2 nmのシステムにおいては許容できる波長変動量はそれぞれ0.05 nm、0.025 nm程度である。

【0006】波長多重システムに使用される半導体半導体レーザの波長は、半導体レーザの活性層の温度に強く依存する。したがって、波長安定度を高めるためには、半導体レーザ装置の活性層温度制御の高精度化が必要となる。

【0007】また、光通信に使用される光送信器においては、光送信器の平均出力光強度の変動が小さいことが必要とされており、この機能を実現するために自動光出力制御回路（APC：Auto Power Control）が使用されている。半導体レーザの経時劣化等の理由により、レーザの出力光強度とレーザへの注入電流の比で表せる発光効率10が変化した場合においても、このAPC回路によって平均出力光強度が一定となる様に、レーザへの注入電流量が制御され、安定した出力光強度が得られる。

【0008】しかし、半導体レーザ装置への注入電流量が変化すると、半導体レーザの活性層での消費電力が変化し、その結果として、活性層の温度変動が発生する。この活性層の温度変動が光波長の変動を引き起こしてしまい、高密度波長多重システムを構築する際の大きな障害となってしまう。

【0009】従って、高密度波長多重システムを実現するためには、この活性層の温度を一定に保つための温度制御方法の確立が大きな課題となる。

【0010】図2は、従来の波長制御方法の例を示す概念図である。光送信器の光源20の出力光信号を、光スプリッタ11を使用して2分岐する。この分割した光の片方の光信号を別な光スプリッタ12によりさらに2方向に分離する。尚、この半導体レーザ装置は、自動光強度制御回路（APC）のよって、光強度は制御されている。光スプリッタにて分離された一方の光信号は、光の透過率が光波長依存性を持つ波長フィルタ13を通した後、受光素子PD1（14）で受け、もう一方の光は波長フィルタを介さずにそのまま受光素子PD2（15）で受けるように構成にする。PD1（14）で発生する光電流によって生じる電圧Vpd1は、図3の様に波長依存性をもつ。また、PD2（15）で発生する光電流によって生じる電圧Vpd2は波長フィルタを通していないため、波長依存性は持たない。図3は波長モニター出力の波長依存性を例示する図である。横軸は波長、縦軸は出力Vpdである。

【0011】PD2によって発生する電圧Vpd2を任意に

設定し、Vpd1とVpd2の差を常に一定にすることにより、レーザの出力光波長を所望の光波長 $\lambda_1$ にセットすることができる。Vpd1とVpd2を比較回路16で受け、誤差信号をレーザの温度を制御する温度制御回路17へとフィードバックする。レーザは熱電子冷却素子（TEC：Thermoelectric Cooler）19上に搭載されており、温度制御回路17からの信号によって熱電子冷却素子19の温度が制御される。そして、半導体レーザ装置の活性層の温度が一定に保たれる。この様に波長モニタ回路を使用して、レーザの光波長を一定に保つ光波長安定化方式の一例としては、例えば、日本国公開特許公報、特開平11-251673号がある。

【0012】従来、レーザの温度制御を行う部分と波長をモニタする部分とは別々の部品で構成されていた。しかし、光通信システムの小型化への要求に対し、近年このレーザ実装部と波長モニタ部の集積化が図られている。集積化したときの部品の実装状態は図4の様に表せる。

【0013】図4に例示される光送信器4は、レーザ素子30、光スプリッタ31、波長フィルタ32及び受光素子PD3（33）及びPD4（34）は、半導体レーザ30の温度を制御する熱電子冷却素子（TEC）35上に搭載される。半導体レーザの光強度は、自動光強度制御回路（APC）36よって制御されている。光波長の制御は、図2の場合と同様に、受光素子PD3（33）及びPD4（34）を流れる光電流によって発生するVpd3とVpd4を比較回路38で比較し、誤差電圧をレーザの温度制御回路37へとフィードバックする事により波長安定化が実現できる。このようにして、且つ光源部と波長モニタ部の集積化しているため光送信器の小型化を図れ、波長多重システムの小型化を実現可能とする。

【0014】この光源部と波長モニタ部を集積化した場合の部品搭載の一例としては、例えば、2000年電子情報通信学総合大会「波長検出部内蔵チューナブルLDモジュール」がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】従来の光源部と波長モニタ部を集積させた波長モニタ部内蔵レーザモジュールは、前述の図4に示す様に、レーザ素子30と光スプリッタ31、波長フィルタ32及び受光素子33、34が同一の熱電子冷却素子35上に搭載されていた。このときレーザの経時劣化等の理由により、レーザの出力光強度とレーザへの注入電流の比で表せる発光効率10が変化した場合、以下の様にレーザの発振波長が制御される。

【0016】APC回路36によって出力光強度が一定となる様に、レーザへの注入電流量が制御され、レーザの活性層での発生する消費電力が変化する。その結果として活性層の温度変動が発生する。活性層の温度変動により、レーザの発振波長が変化するため、波長フィルタを通してPD3（33）で発生する光電流が変化する。通

常、経年劣化時にはレーザの発光効率が減少するため、レーザへの注入電流量は増加し、活性層温度が上昇し、発振波長は長波長側にずれる。

【0017】PD3(33)及びPD4(34)の光電流によって発生する電圧Vpd3及びVpd4は比較回路38と比較され、誤差信号は温度制御回路37への送られ、その差が最小となるようにレーザ素子温度が制御される。したがって、経年動作時においても、レーザの発振波長は図2における $\lambda 1$ で常に制御される。

【0018】しかしながら、波長モニタ部の集積化によりレーザの温度を制御する熱電子冷却素子上にはレーザ以外に光スプリッタ、波長フィルタ及び受光素子が搭載されており、熱電子冷却素子でレーザ素子温度を制御する際にそれらの素子の温度も同時に変化する。

【0019】光スプリッタの分岐率、波長フィルタの波長透率及び受光素子の受光効率などの特性について温度依存性が全くなければ、波長制御に関し問題は発生しない。しかし、いずれの特性も温度依存性を持ち、特に波長フィルタの波長透過特性については温度依存性が大きく、波長モニタ部を集積した波長モニタ内蔵レーザモジュールの波長変動要因として大きな要素を占める。

【0020】波長モニタ部を集積した波長モニタ内蔵レーザモジュールにおける波長変動の過程を図5に示す。図5は波長モニター集積型レーザモジュールの出力の波長依存性及びその雰囲気に着る特性変動を例示する図である。通常、光通信用レーザとしてはインジウム、ガリウム、砒素等の材料を使用した化合物半導体レーザが使用され、所望の光強度を得るのに必要な注入電流は80mA程度である。半導体レーザの発光効率が経時劣化により10%減少した場合、APC回路によってレーザの出力強度が一定になるように注入電流が制御されるため、この場合、注入電流は88.9mAに上昇する。このとき、レーザで消費される電力が増加するためレーザの活性層の温度が上昇し、通常、上記の場合においては約2℃ほど活性層の温度が上昇する。波長モニタ回路、比較回路及び温度制御回路によってレーザの活性層の温度が一定になるように制御が行われることにより熱電子冷却素子上の温度は初期値に対し2℃下がる。熱電子冷却素子上に搭載されている部品で特に波長フィルタの波長透過特性は温度依存性が大きく、波長フィルタ材料としてエタロンを用いた場合、その透過波長の温度依存性は $-0.01\text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 程度となる。したがって熱電子冷却素子温度が2℃下がった場合、透過波長は $-0.02\text{ nm}$ 短波長側にずれ、PD3の出力電圧Vpd3の波長依存性は短波長側へとシフトする。しかし、PD4の出力電圧Vpd4は変化しないため、光波長は初期値 $\lambda 1$ から $0.02\text{ nm}$ 短波長にずれた $\lambda 2$ で安定してしまう。

【0021】上述したように、高密度光多重システムにおいては高精度に波長を安定に保つことが重要な課題であり、波長間隔が $0.4\text{ nm}$ 、 $0.2\text{ nm}$ のシステムにお

いては波長変動量はそれぞれ $0.05\text{ nm}$ 、 $0.025\text{ nm}$ 以下が要求されている。

【0022】しかしながら、波長モニタ部を集積化したレーザモジュールを使用する場合、システムの小型化は達成できるものの、波長フィルタの温度特性が波長変動量の大きな要素となってしまう、所望の波長安定度を得ることができない。

【0023】

【課題を解決するための手段】従来の波長モニタ部を集積した波長モニタ内蔵レーザモジュールにおいては同一熱電子冷却素子上にレーザチップ、波長フィルタ及び受光素子が搭載されており、温度制御回路でレーザの温度を制御する際に、光スプリッタ、波長フィルタ及び受光素子の温度も変化していた。特に波長フィルタの波長透過特性は温度依存性が大きく、高精度波長安定化に対し障害となっていた。

【0024】上記問題を解決するためにはレーザ素子と光スプリッタ、波長フィルタ及び受光素子を搭載した熱電子冷却素子についてレーザ素子とそれ以外の素子をそれぞれ独立した熱電子冷却素子に搭載して、温度制御回路でレーザ素子が搭載された熱電子冷却素子のみを温度制御することによって、上記波長変動要因を排除することはできる。しかしながら、それぞれ独立した熱電子冷却素子を温度制御することにより、回路規模及び消費電力の増大を引き起こし光通信システムの小型化には寄与しないため、ここでの課題を解決する手段としては除外する。

【0025】波長モニタ部を集積した波長モニタ内蔵レーザモジュールでは図4においてPD3及びPD4で発生する電圧差を一定となるようにレーザ温度が制御される。従って、波長フィルタの温度が変化し、透過波長特性が変化した場合、PD3によって発生する電圧Vpd3は図5の通り変化するがPD4によって発生する電圧Vpd4は変化しないため、発振波長は $\lambda 1$ から $\lambda 2$ へと変化する。

【0026】光波長を同一に保つためにはPD3によって発生するVpd3が変化したときに、その変化の変動量に応じてPD4で発生する電圧Vpd4も制御すればよい。

【0027】波長モニタ内蔵レーザモジュールの初期動作時において、レーザへの注入電流を変化させることにより経年動作時の状態を疑似することができる。そのときの波長変動を抑制する制御電圧を補正電圧として、メモリ等、例えば半導体記憶装置に、あらかじめ記憶させ、このデータに基づいて、必要な補正電圧をVpd4に加算する構成にする。経年動作時に、注入電流が変動したとき、変動分に対応した補正電圧をVpd4に加算してVpd3と比較をして制御信号を温度制御回路に与えることで、同一熱電子冷却素子上にレーザ素子、光スプリッタ、波長フィルタ及び受光素子などを搭載した場合にも温度変動に対する特性変化は補正され、安定した光波長 $\lambda 1$ を得ることができる。図5にこの状態が例示され

る。

#### 【0028】

【発明の実施の形態】<実施例1>以下、本願発明による波長安定方式の実施例を図面により詳細に説明する。図6に本発明の実施例の構成を示す。図6は、本願発明に係わる光送信器60と光波長計62が示される。

【0029】レーザ素子50、光スプリッタ51、波長フィルタ52及び受光素子53、54は同一熱電子冷却素子55上に搭載される。初期状態においての波長安定は、上述したように光スプリッタ51で分割された光信号のうち、一方の光信号は波長フィルタ52を介して受光素子PD5(53)で受け、もう一方の光信号は波長フィルタを介さずにPD6(54)で受け、PD5及びPD6を流れる光電流によって発生するVpd5とVpd6の電圧を比較回路58で比較し、誤差信号をレーザの温度制御回路57へとフィードバックすることにより実現できる。

【0030】レーザの経年劣化等によってレーザの発光効率が減少した場合、APC回路56によってレーザ50への注入電流量が増加し、その結果として、半導体レーザ装置の活性層の温度が上昇する。この経年劣化時の動作現象は、初期状態時にレーザへの注入電流を増加させることによって疑似することができる。前述したように、予めこの劣化状態とこの時これを補正するための注入電流の補正値を定めておく。

【0031】レーザへの注入電流を増加させた場合、発振波長の波長変動を起こさない様にするためには、レーザを温度制御したことで波長フィルタの透過特性が変化することにより発生するVpd5の変化に対し、波長フィルタを介さない側のPD6で発生するVpd6にもVpd5の変動分に対応した補正電圧を与える。この補正電圧を加算したVpd7をリファレンス電圧として前記比較回路に与え、Vpd5とVpd7の電圧差が常に一定になるように制御をおこなう。こうして、レーザへの注入電流を増加させた場合、発振波長の波長変動を起こさない状態を実現することができる。

【0032】この補正電圧は、初期動作状態において、以下の方法で求めることが出来、その補正電圧を、例えば、書き込み可能な記憶素子であるPROM(Programmable Read Only Memory)等に記憶させておくことにより、レーザの経年劣化においても波長変動を抑えることが出来る。

【0033】図6に示すように、半導体レーザ装置50の注入電流の変化に対する出力光信号の波長の変化を波長計62によってモニタする。レーザの注入電流をVdeg信号により増加させ、擬似的のレーザが劣化した状態をつくる。そして、この時のVAPCは、Vdeg信号の増加と共に上昇する。この状態を図7に例示する。初期値(Vdeg=0)の時のVAPC1は、Vdeg2信号を与えた時に、VAPC2に変化する。その時に波長が変化しないための補正電圧Vcompは光波長計

により光波長のモニタ信号Vmonを受け、Vmonが変化しないVAPCとVcompの関係を補正回路に記憶するようにする。このVAPCとVcompの関係例を図8に例示する。補正回路内に書き込み可能な記憶素子である、例えばPROM(Programmable Read Only Memory)を使用することにより、初期状態のVAPCの変化によりその変化量に対応する補正電圧Vcomp電圧が読み出され、レーザの波長を安定に保つことが可能となる。

【0034】実際の経年劣化時にはレーザ50の発光効率が減少し、APC回路56によってレーザへの注入電流が増加する。このときに注入電流の変化に対する補正電圧が前記記憶素子から読み出されるため、レーザの波長は安定に保たれる。

【0035】記憶素子としてPROMを使用するメリットとしては、レーザ温度に対する補正電圧の関係が非線形特性を持っている場合にでも簡単に制御が可能であること。また、光スプリッタ、波長フィルタ及び、受光素子の温度特性のばらつきが発生する場合においても、PROMにそのばらつきに対応した補正電圧を記憶させることにより、高精度な波長安定を実現することができることがあげられる。

【0036】光スプリッタ、波長フィルタや受光素子の温度依存性及びその温度特性ばらつきが小さいことがあらかじめ分かっている場合にはPROM等の記憶素子は使用しなくても、注入電流の変化時にあらかじめ既知の補正電圧を与える構成とすることにより、高精度な波長安定を実現することができる。

【0037】尚、図6ではレーザの後方出力光を波長モニタする方式となっているが、レーザの前方出力光を使用して同一方式を用いて波長制御した場合においても原理的には同じであり、高精度の波長安定の実現が可能である。

【0038】<実施例2>図9に本発明の別な方式での実施例を示す。注入電流の変化によって発生するレーザ温度の変化を、サーミスタなどの感温素子で検出し、レーザ温度の変化に対する補正電圧をPROM等に記憶させておくことにより、実施例1と同様に発振波長の安定化を図ることができる。図9に符号83として、前記感温素子を示した。その他の基本構成は、図6に例示する実施例と同様であるので、詳細説明は省略する。尚、図において、70はレーザ素子、71は光スプリッタ、72は波長フィルタ、73、74は受光素子、75は熱電子冷却素子(TEC)、76は自動光強度制御回路(APC)、77は温度制御回路、78は比較回路、79は波長モニタ内蔵レーザモジュール、80は光送信器、81は光波長補正回路、82は光波長計、83は感温素子である。

【0039】この場合においても、波長フィルタや受光素子の温度依存性及びその温度特性ばらつきが小さいこ

とがあらかじめ分かっている場合にはPROM等の記憶素子は使用しなくても、レーザ温度の変化時にあらかじめ既知の補正電圧を与えるようにしておくことにより、高精度な波長安定を実現することができる。

【0040】本願発明の基本構成を整理し列挙すれば、次の通りである。

【0041】第1の形態は、レーザ出力光を光スプリッタによって分岐し、一方の信号光を光波長フィルタを介し受光素子で受け、もう一方の信号光を別な受光素子で受けるように構成し、レーザ、光スプリッタ、光波長フィルタ、受光素子を同一の熱電子冷却素子上に搭載した波長モニタ集積型レーザモジュールと、各々の受光素子で発生する電流値を比較する比較回路とその比較信号を受け、熱電子冷却素子の温度を制御する温度制御回路からなり、レーザへの注入電力の変動に対する光波長変動量を補正する信号を比較回路に加算する補正回路からなる高精度光波長安定回路である。

【0042】第2の形態は、レーザ出力光を光スプリッタによって分岐し、一方の信号光を光波長フィルタを介し受光素子で受け、もう一方の信号光を別な受光素子で受けるように構成し、レーザ、光スプリッタ、光波長フィルタ、受光素子を同一の熱電子冷却素子上に搭載した波長モニタ集積型レーザモジュールと、各々の受光素子で発生する電流値を比較する比較回路とその比較信号を受け、熱電子冷却素子の温度を制御する温度制御回路からなり、レーザへの注入電力の変動に対する光波長変動量を補正する信号を比較回路に加算する補正回路からなる高精度光波長安定回路を1つ以上具備する光送信器である。

【0043】第3の形態は、レーザ出力光を光スプリッタによって分岐し、一方の信号光を光波長フィルタを介し受光素子で受け、もう一方の信号光を別な受光素子で受けるように構成し、レーザ、光スプリッタ、光波長フィルタ、受光素子を同一の熱電子冷却素子上に搭載した波長モニタ集積型レーザモジュールと、各々の受光素子で発生する電流値を比較する比較回路とその比較信号を受け、熱電子冷却素子の温度を制御する温度制御回路からなり、レーザへの注入電力の変動に対する光波長変動量を補正する信号を比較回路に加算する補正回路からなる高精度光波長安定回路を1つ以上具備する光送信器を用いた高密度光波長多重システムである。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、本願発明によれば、レーザ素子、光スプリッタ、波長フィルタ及び受光素子を同一熱電子冷却素子上に搭載した波長モニタ内蔵レーザモジュールを使用した波長多重システム用光送信器において、これまで経年動作時に発生していた光信号の光波長変動を抑制することができ、高精度波長安定化

が図れる。更に、本願発明によれば、小型高密度光波長システムの実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は光波長多重システムの構成を示す図である。

【図2】図2は従来の一実施例を示す波長制御方式を示す図である。

【図3】図3は従来波長制御方式における波長モニタ出力の光波長依存性を示す図である。

【図4】図4は従来波長モニタ集積型レーザモジュールを使用した波長制御方式の例を示す図である。

【図5】図5は波長モニタ集積型レーザモジュールの波長変動過程および本願発明による波長安定化過程を説明する図である。

【図6】図6は本願発明による波長制御方式例を示す図である。

【図7】図7はレーザへの注入電流を制御する信号Vdegとレーザの光強度の制御の為に信号電圧VAPCとの関係を例示する図である。

【図8】図8はレーザの光強度の制御の為に信号電圧VAPCと波長変動を抑えるための補正電圧Vcompとの関係を例示する図である。

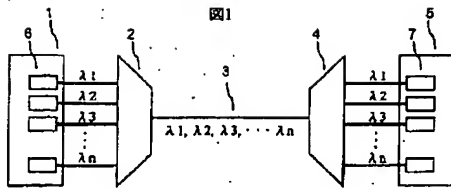
【図9】図9は本願発明による波長制御方式の別な例を示す図である。

【符号の説明】

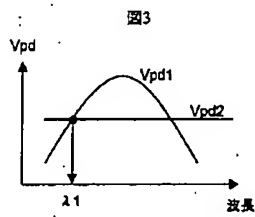
1, 5: 光伝送システム、2, 4: 光合分波器、3: 光ファイバ、6, 7: 光送受信器、11, 12: 光スプリッタ、13: 波長フィルタ、14, 15: 受光素子、16: 比較回路、17: 温度制御回路、18: 自動光強度制御回路 (APC)、19: 熱電子冷却素子 (TEC)、20: レーザ素子、21: 光送信器、30: レーザ素子、31: 光スプリッタ、32: 波長フィルタ、33, 34: 受光素子、35: 熱電子冷却素子 (TEC)、36: 自動光強度制御回路 (APC)、37: 温度制御回路、38: 比較回路、39: 波長モニタ内蔵レーザモジュール、40: 光送信器、50: レーザ素子、51: 光スプリッタ、52: 波長フィルタ、53, 54: 受光素子、55: 熱電子冷却素子 (TEC)、56: 自動光強度制御回路 (APC)、57: 温度制御回路、58: 比較回路、59: 波長モニタ内蔵レーザモジュール、60: 光送信器、61: 光波長補正回路、62: 光波長計、70: レーザ素子、71: 光スプリッタ、72: 波長フィルタ、73, 74: 受光素子、75: 熱電子冷却素子 (TEC)、76: 自動光強度制御回路 (APC)、77: 温度制御回路、78: 比較回路、79: 波長モニタ内蔵レーザモジュール、80: 光送信器、81: 光波長補正回路、82: 光波長計、83: 感温素子。



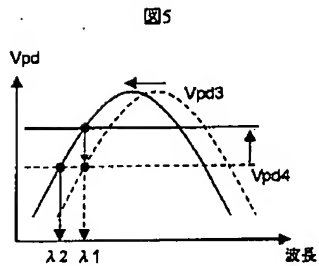
【図 1】



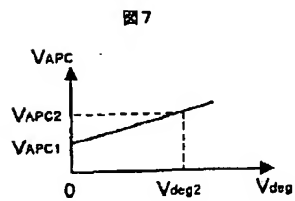
【図 3】



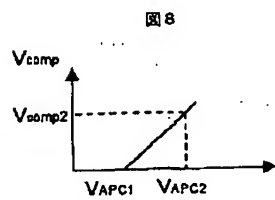
【図 5】



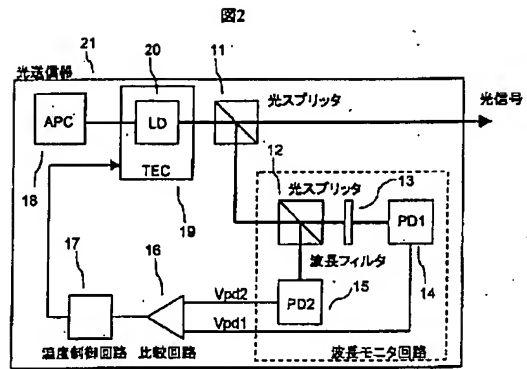
【図 7】



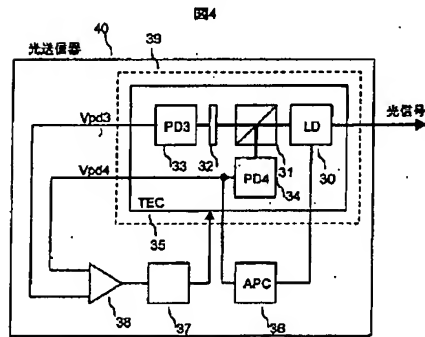
【图 8】



【図 2】



【図 4】



【図 6】

